**3Ш**

**УДК 004.932.751**

***Е.А. Шевченко***
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина
Украина, 83050, пр. Б. Хмельницкого, 84

# Задача распознавания контура ладони на сложных изображениях

***E.A. Shevchenko***
*Donetsk National Technical University, Donetsk*
*Ukraine, 83050, Avenue Khmelnitsky, 84*

# *The Task at Hand Contour Recognition Complex Images*

***Є.О. Шевченко***
Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна
Україна, 83050, пр. Б. Хмельницького, 84

# Задача розпізнавання контуру долоні на складних зображеннях

Объектом исследования являются методы и средства обнаружения кисти руки на изображении. В работе рассматриваются и используются методы визуальной обработки изображений, такие как оператор Собеля и алгоритм Кенни. Произведен анализ этих методов, выявлены недостатки.
**Ключевые слова:** визуальная обработка изображений, оператор Собеля, алгоритм Кенни.

The object of investigation methods and tools for the detection of the hand in the image. In this paper, and uses the visual image processing such as Sobel operator and algorithm Kenny. The analysis of these methods, revealed deficiencies.
**Key words:** Sobel operator, algorithm Kenny.

Об’єктом дослідження є методи і засоби виявлення кисті руки на зображенні. У роботі розглядаються і використовуються методи візуальної обробки зображень, такі як оператор Собеля і алгоритм Кенні. Зроблено аналіз цих методів, виявлені недоліки.
**Ключові слова:** візуальна обробка зображень, оператор Собеля, алгоритм Кенні.

## Введение

Задача интерактивного взаимодействия человека с компьютером является важной и актуальной задачей. В настоящее время можно выделить три направления интерактивного взаимодействия: посредством технических устройств, посредством речи и посредством жестов человека. Данные технологии используются в очень востребованных областях науки и техники, таких как автоматизация процессов, повышения производительности; контроль производственного оборудования; интеллектуальные робототехнические комплексы, системы управления подвижными аппаратами и прочее.

Изображения, образованные разными системами, искажаются действием помех. Это усложняет их автоматическую обработку в ЭВМ. При решении некоторых задач

обработки изображений в роли преград могут выступать те или иные компоненты самого изображения. Например, при анализе снимка кисти руки может стоять задание определить границы кисти руки на фоне. С точки зрения этой задачи отдельные детали изображения внутри разделяемых областей являются препятствием. Чтобы убрать шум и лишние детали из изображения, а также выделить границы на изображении, используют различные фильтры.

**Анализ литературы.** Теория распознавания жестов привлекала и привлекает внимание многих выдающихся исследователей и ученых, среди них: Ю.В. Крак, Ю.В. Кривонос, К.В. Мурыгин, К.М. Нюнькин, J. Canny, H. Scharr и проч.

В работе [1] была предложена информационная технология для моделирования украинского языка жестов. В ней приведены информационная и математическая модели для фиксации минимально значимых единиц жестового языка, дактильной азбуки. Разработана технология и соответствующее программное обеспечение для получения, сохранения и воспроизведения жестов.

В работе [2] рассматриваются вопросы, связанные с построением системы распознавания жестов для управления мобильными роботами. Проведенные эксперименты по исследованию цветовых характеристик различных объектов показали, что крайне мало объектов имеют насыщенные цвета. Анализ позволил определить критерии, которые в большинстве случаев позволяют эффективно распознавать спирали и отличать их от прочих фигур.

## Постановка задачи

**Цель данной работы** – исследовать эффективные методы распознавания кисти руки на изображении.

Задача выделения контура границ является частью задачи построения системы распознавания жестов.

В данной работе будет рассмотрена одна из подзадач распознавания жестов – задача обнаружения кистей рук на сложных цветных изображениях. В данном случае для обнаружения кистей рук будут использованы алгоритм Кенни и оператор Собеля.

# Алгоритм Кенни

Наиболее известным методом по выделению границ на изображении является алгоритм Кении. Рассмотрим этот метод более подробно.

Алгоритм Кенни [3] был разработан с учетом трех критериев:

– хорошее обнаружение (повышение отношения сигнал / шум);

– хорошая локализация (правильное определение положения границы);

– единственный отклик на одну границу.

По этим критериям построена целевая функция стоимости ошибок, минимизацией которой находится «оптимальный» линейный оператор для свертки с изображением.

Алгоритм Кенни состоит из следующих пяти этапов:

1. **Сглаживание**. На первом этапе происходит размытие изображения для удаления шума с помощью фильтра Гаусса.

$$f(x, y) = \frac{1}{2 * \pi * \sigma^2} * \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2 * \sigma^2}\right).$$

Дискретизированное значение фильтра может быть хорошо приближено к первой производной гауссианы с помощью $\sigma = 1.4$:

$$B = \frac{1}{159}\begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix}.$$

2. **Поиск градиентов**. Границы отмечаются там, где градиент изображения приобретает максимальное значение. Они могут иметь различное направление, поэтому алгоритм Кенни использует четыре фильтра для обнаружения горизонтальных, вертикальных и диагональных ребер в размытом изображении.

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2},$$

$$\Theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right).$$

Угол направления вектора градиента округляется и может принимать такие значения: 0, 45, 90, 135. Если угол от 1 до 20, то он относится к значению 0, а если он больше 20, то к значению 45 и т.д.

3. **Подавление немаксимумов.** Только локальные максимумы отмечаются как границы.

4. **Двойная пороговая фильтрация.** Потенциальные границы определяются порогами.

5. **Трассировка области неоднозначности.** Итоговые границы определяются путём подавления всех краёв, несвязанных с определенными (сильными) границами.

Перед применением детектора, обычно преобразуют изображение в оттенки серого, чтобы уменьшить вычислительные затраты. Этот этап характерен для многих методов обработки изображений.

Алгоритм детектора границ [4] не ограничивается вычислением градиента сглаженного изображения. В контуре границы оставляются только точки максимума градиента изображения, а не максимальные точки, лежащие рядом с границей, удаляются. Здесь также используется информация о направлении границы для того, чтобы удалять точки именно рядом с границей и не разрывать саму границу вблизи локальных максимумов градиента. Затем с помощью двух порогов удаляются слабые границы. Фрагмент границы при этом обрабатывается как целое. Если значение градиента где-нибудь на прослеживаемом фрагменте превысит верхний порог, то этот фрагмент остается также «допустимой» границей и в тех местах, где значение градиента падает ниже этого порога, до тех пор, пока она не станет ниже нижнего порога. Если же на всем фрагменте нет ни одной точки со значением, большим верхнего порога, то он удаляется. Такой гистерезис позволяет уменьшить число разрывов в выходных границах. Включение в алгоритм Кенни шумоподавления с одной стороны – повышает устойчивость результатов, а с другой – увеличивает вычислительные затраты и приводит к искажению и даже

потере подробностей границ. Так, например, таким алгоритмом скругляются углы объектов и разрушаются границы в точках соединений. Общая блок-схема алгоритма (рис. 1).

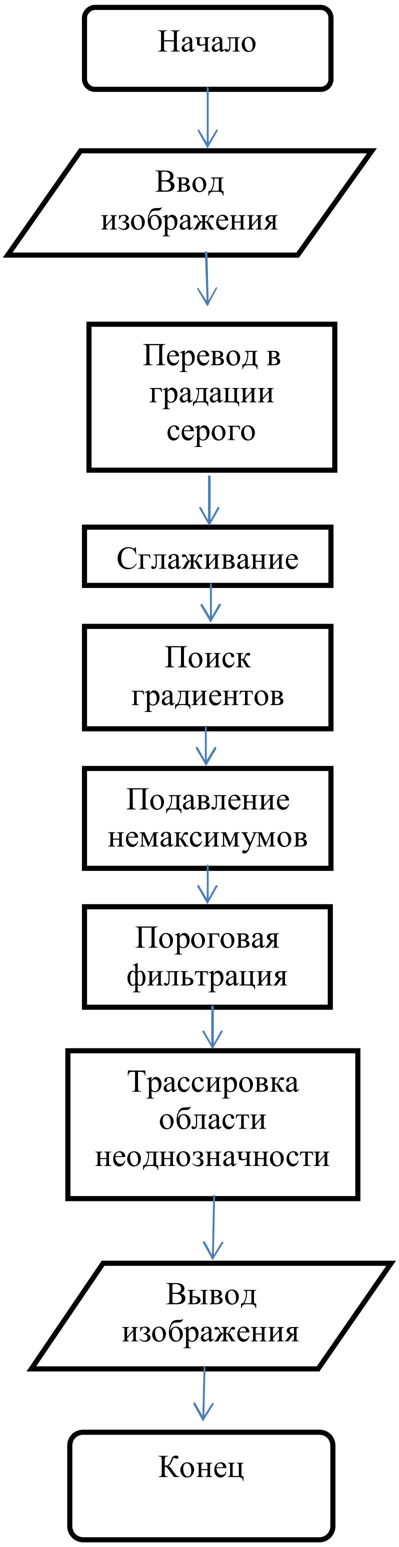



Рисунок 1 – Общая блок-схема алгоритма

## Оператор Собеля

Оператор Собеля [5] производит измерение двумерного пространственного градиента на изображении и выявляет области с большим значением этого параметра. Эти области и соответствуют краям. Как правило, он используется для оценки модуля градиента в каждой точке черно-белого изображения.

Математически, градиент функции двух переменных для каждой точки изображения (которой и является функция яркости) – двумерный вектор, компонентами которого являются производные яркости изображения по горизонтали и вертикали. В каждой точке изображения градиентный вектор ориентирован в направлении наибольшего увеличения яркости, а его длина соответствует величине изменения яркости. Это означает, что результатом оператора Собеля в точке области постоянной яркости будет нулевой вектор, а в точке, лежащей на границе областей различной яркости – вектор, пересекающий границу в направлении увеличения яркости.

Идея метода Собеля заключается в наложении на каждую точку изображения двух масок вращения. Эти маски являются двумя ортогональными матрицами, размерностью 3 × 3 (рис. 2).

| | | |
|---|---|---|
| -1 | 0 | +1 |
| -2 | 0 | +2 |
| -1 | 0 | +1 |

| | | |
|---|---|---|
| +1 | +2 | +1 |
| 0 | 0 | 0 |
| -1 | -2 | -1 |

| | | |
|---|---|---|
| +1 | 0 | -1 |
| +2 | 0 | -2 |
| +1 | 0 | -1 |

| | | |
|---|---|---|
| -1 | -2 | -1 |
| 0 | 0 | 0 |
| +1 | +2 | +1 |

Рисунок 2 – Маски Собеля (вертикальная, горизонтальная)

Для решения вопроса инвариантности в отношении поворота используются так называемые диагональные маски, предназначенные для обнаружения разрывов в диагональных направлениях (рис. 3).

| | | |
|---|---|---|
| 0 | +1 | +2 |
| -1 | 0 | +1 |
| -2 | -1 | -0 |

| | | |
|---|---|---|
| 2 | +1 | 0 |
| +1 | 0 | -1 |
| 0 | -1 | -2 |

Рисунок 3 – Маски Собеля (диагональные)

Эти маски обнаруживают границы, расположенные вертикально и горизонтально на изображении. При раздельном наложении этих масок на изображение можно получить оценку градиента по каждому из направлений Gx, Gy. Конечное значение градиента находится формуле:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}\ .$$

В результате исследования было создано приложение, которое реализует два разных метода выделения краёв, методом Собеля и методом Кенни (рис. 3 – 6).

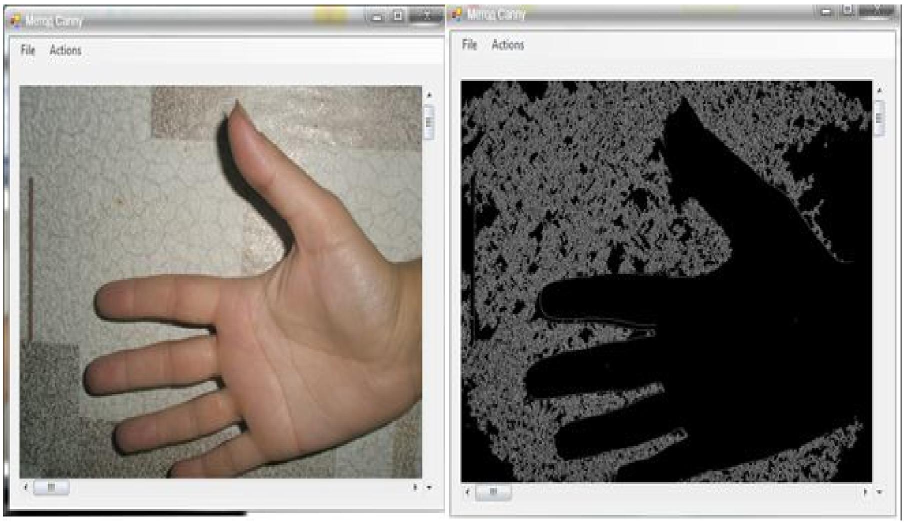



Рисунок 4 – Выделение контура

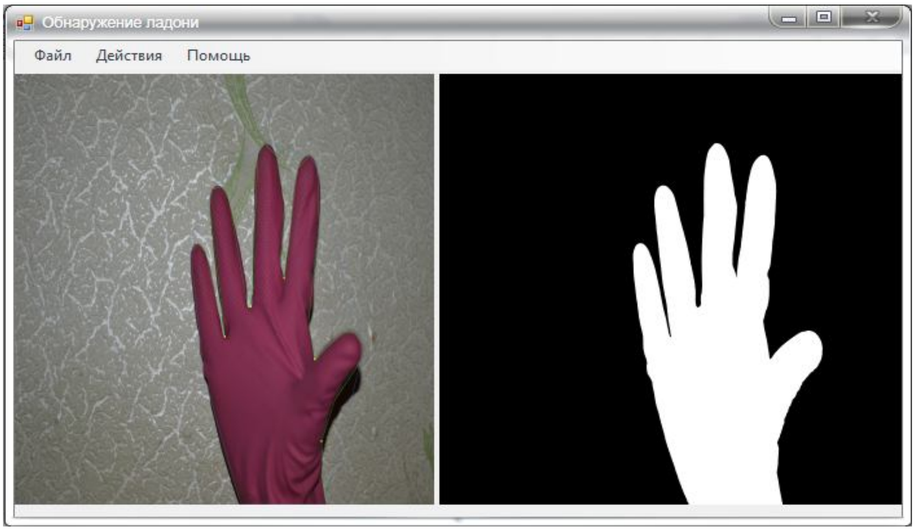



Рисунок 5 – Выделение контура

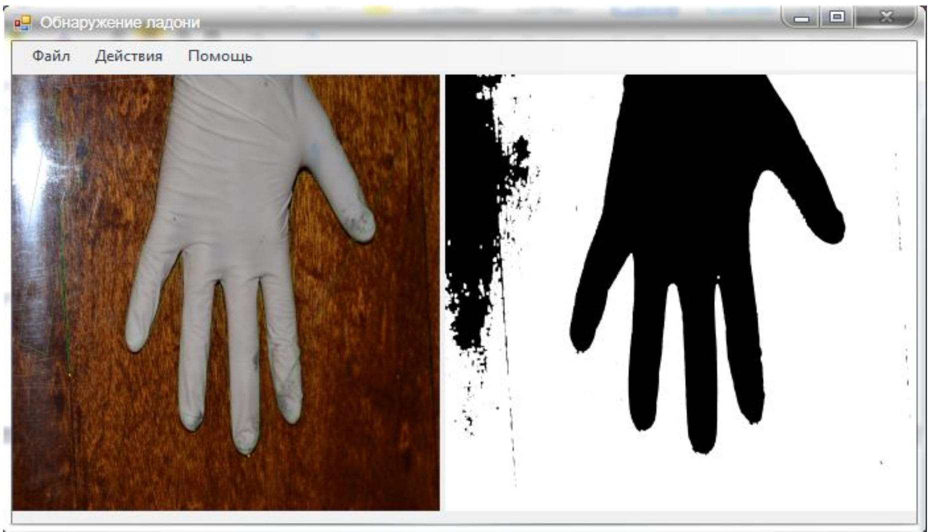



Рисунок 6 – Выделение контура

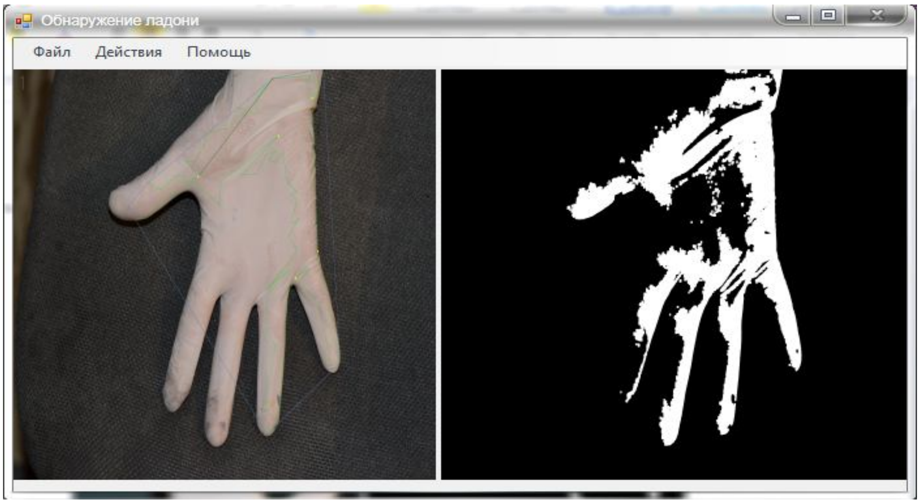



Рисунок 7 – Выделение контура

## Выводы

Был произведен анализ двух методов выделения границ: Собеля и Кенни. Сравнение результатов обработки изображений указанными алгоритмами показало, что метод Кенни работает быстрее, чем метод Собеля. Однако следует отметить, что более четкие границы объектов на изображении получаются при обработке на основе применения оператора Собеля. Кожу человека проблематично распознать, так как её цвет варьируется в довольно широких пределах, цвет кожи даже одного человека зависит от условий освещения и имеет много шума, поэтому было предложено рассмотреть работу алгоритма с использованием перчаток. Эти результаты в дальнейшем будут использованы при создании математических моделей жестового языка интерактивного человеко-компьютерного взаимодействия при обучении.

## Литература

1. Крак Ю.В. Технология распознавания элементов дактильно-жестового языка / Ю.В. Крак, Д.В. Шкильнюк // Искусственный интеллект. – 2009. – № 3. – С. 564-572.
2. Нюнькин К.М. Распознавание криволинейных жестов / К.М. Нюнькин // Искусственный интеллект. – 2003. – № 4. – С. 230-236.
3. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера. – 2005. – С. 1007.
4. Оператор Кэнни [Electronic resourse] / Интернет-ресурс. – Режим доступа : http://ru.wikipedia.org/wiki/Оператор_Кэнни. - Загл. с экрана.
5. Алгоритмы выделения контуров изображений [Electronic resourse] / Интернет-ресурс. – Режим доступа : http://habrahabr.ru/post/114452/. – Загл. с экрана.

## Literatura

1. Krak Ju.V. Tehnologija raspoznavanija jelementov daktil'no-zhestovogo jazyka / Krak Ju.V., Shkil'njuk D.V. // Iskusstvennyj intellekt. – 2009. – № 3. – S. 564-572.
2. Njun'kin K.M. Raspoznavanie krivolinejnyh zhestov // Iskusstvennyj intellekt. – 2003. – № 4. – S. 230-236.
3. Gonsales R. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij / R. Gonsales, R. Vuds. – M. : Tehnosfera, 2005. – S. 1007.
4. Operator Kjenni [Electronic resourse] / Internet-resurs. – Rezhim dostupa : http://ru.wikipedia.org/wiki/Operator_Kjenni. – Zagl. s jekrana.

5. Algoritmy vydelenija konturov izobrazhenij [Electronic resourse] / Internet-resurs. – Rezhim dostupa : http://habrahabr.ru/post/114452/. – Zagl. s jekrana.

**_RESUME_**

**_E.A. Shevchenko_**

*The Task at Hand Contour Recognition Complex Images*

Currently, there is rapidly growing interest in technologies based on the ability to recognize human gestures and their application in various fields of human activity. These technologies include – Motion Tracking and Capture Technologies (MTCT), Gesture Recognition (GR), Hand Tracking (HT), etc. The main purpose of the methods and algorithms underlying these techniques is to measure the configuration of the model at a time. As input data used images from a single camera or from a pair of cameras (stereo camera). Gestures are static hand or posture of the body and through physical movement in two or three dimensions can be interpreted in any symbolic computer command or a team's trajectory. Also, gestures can be interpreted as the letters of the alphabet or words of a language. Kinematic and dynamic content can be a gesture of command as a trajectory. Combination of symbolic and teams trajectories are possible in a single gesture.

This paper was produced by an analysis of two methods for the isolation boundaries: Sobel, and Kenny. Comparison of the results of image processing algorithm specified revealed that Kenny method is faster than Sobel method. Note, however, that a more precise boundaries of the image produced by the treatment by applying the Sobel operator. Human skin is difficult to recognize, as its color varies within a wide range, color even one person is dependent on the light conditions and has a lot of noise, so it was invited to consider the algorithm using gloves. These results will be further used in the development of mathematical models of sign language interactive human-computer interaction in learning.

*Статья поступила в редакцию 02.07.2013.*